

(21) Aktenzeichen: 198 11 233.5
(22) Anmeldetag: 14. 3. 98
(43) Offenlegungstag: 24. 9. 98

- (66) Innere Priorität:
197 11 176.9 18. 03. 97
- (71) Anmelder:
Reck, Anton, 88422 Betzenweiler, DE
- (74) Vertreter:
Eisele, Dr. Otten & Dr. Roth, 88214 Ravensburg

- (72) Erfinder:
Reck, Martin, 88422 Betzenweiler, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- (54) Trainingsgerät für Bewegungsbehinderte
(57) Es wird ein Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte vorgeschlagen, wobei an den Kurbelarmen Pedale oder dergleichen zur Verbindung mit den Füßen oder Armen der trainierenden Person vorgesehen sind. Das Trainingsgerät umfaßt einen Elektromotor, der mit der Kurbel verbunden ist, einer Leistungselektronik, die wenigstens zum Antreiben des Motors ausgelegt ist, und Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl an der Kurbel. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Trainingsgerät für Bewegungsbehinderte bereitzustellen, mit welchem auf verbleibende Bewegungsmöglichkeiten bzw. Restmuskelkräfte reagiert werden kann, um einen möglichst effektiven Trainingsablauf zu gewährleisten. Erfindungsgemäß sind bei einer ersten Lösung der Aufgabe die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung Δn als Funktion des Drehmoments M_K an der Kurbel $\Delta n = f(M_K)$ ausgelegt, wobei sich eine neue Drehzahl n_{neu} aus der alten Drehzahl n_{alt} nach dem Zusammenhang $n_{neu} = n_{alt} + \Delta n$ ergibt, und wobei die Funktion $\Delta n = f(M_K)$ für bestimmte vorher festgelegte Wertebereiche von M_K unterschiedlich ist. Bei einer weiteren erfindungsgemäßen Lösung der Aufgabe sind die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung Δn derart ausgelegt, daß bei vorangegangener Energiezufuhr E_K durch ein vom Trainierenden aufgebrachtes Drehmoment M_K an der Kurbel, die zu einer Drehzahlerhöhung geführt hat, eine Drehzahlerhöhung Δn ...

Die Erfindung betrifft ein Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

Trainingsgeräte mit Kurbel sind in vielfältigen Ausführungsformen bekannt geworden und weisen regelmäßig einen mechanischen Aufbau mit einer großen Schwungmasse auf. Die Schwungmasse hat die Aufgabe, eine ausgeglichene Drehbewegung der Kurbel zu gewährleisten. Durch diese Schwungmasse wird jedoch die Baugröße und Bauform eines Trainingsgerätes in nachteiliger Weise bestimmt. Die Vorgabe eines Bremsmomentes erfolgt dagegen bei einigen Ausführungsformen auf elektronischem Wege. Das Bremsmoment stellt ein Moment dar, welches der Kurbel entgegenwirkt.

In der US-Patentschrift 5,256,115 ist ein Bewegungstrainer offenbart, bei dem ebenfalls das Schwungrad auf elektronischem Wege simuliert wird, daß die Eigenschaften eines physikalisch tatsächlich vorhandenen Schwungrades aufweist. Das heißt eine Drehzahländerung Δn kann über den gesamten Wertebereich eines Drehmoments M_{Pedal} an den Pedalen durch die folgende Funktion beschrieben werden:

$\Delta n = (M_{\text{Pedal}} - M_B) \cdot A/J$ wobei M_B ein einstellbares Bremsmoment, A eine Konstante und J ein Trägheitsmoment darstellen. Eine Drehzahländerung Δn , ob nun positiv oder negativ ist somit über den gesamten Wertebereich des Drehmoments am Pedal zu diesem proportional, da die übrigen Größen zwar einstellbar sind, jedoch dann während vieler Umdrehungen unverändert bleiben. Dieser Bewegungstrainer ist als Übungsgerät für Leistungssportler und somit für Personen konzipiert, die eine unbeeinträchtigte Bewegungsfähigkeit besitzen. Ein vom Bewegungstrainer erzeugter Antrieb der Pedale ist nicht vorgesehen.

Bei Kranken mit geringen Restkräften, auch bei einseitigen Lähmungen (z. B. als Folge eines Schlaganfalls) besteht jedoch die Schwierigkeit, daß überhaupt eine Bewegung, womöglich sogar eine runde Bewegung zustande kommt. Solche Patienten können meistens nur auf einem Teil einer Umdrehung Muskelkraft ausüben. Daher wurden aktiv/pasiv-Trainer entwickelt, die die Möglichkeit haben, eine Drehbewegung weiterzuführen, auch wenn der Patient nicht mehr in der Lage ist, ein Drehmoment auf eine Kurbel aufzubringen.

Der Nachteil dieser Geräte besteht jedoch darin, daß ein Trainierender mit wenig Restmuskelkräften durch ein aktives Mittreten, die Drehbewegung im wesentlichen nicht beeinflussen kann.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Trainingsgerät für Bewegungsbehinderte bereitzustellen, mit welchem auf verbleibende Bewegungsmöglichkeiten bzw. Restmuskelkräfte reagiert werden kann, um einen möglichst effektiven Trainingsablauf zu gewährleisten.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 und 2 gelöst.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Trainingsgeräts angegeben.

Die Erfindung geht von einem Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte aus, wobei an den Kurbelarmen Pedale oder dergleichen zur Verbindung mit den Fü-

Ferner umfaßt das Trainingsgerät einen Elektromotor, der mit der Kurbel verbunden ist, eine Leistungselektronik, die wenigstens zum Antreiben des Motors ausgelegt ist, und 5 Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl n der Kurbel. Der Kern einer ersten erfindungsgemäßen Lösung liegt nun darin, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung Δn als Funktion eines Drehmoments M_K an der Kurbel gemäß $\Delta n = f(M_K)$ ausgelegt sind. Dabei ergibt sich eine neue Drehzahl n_{neu} aus der alten Drehzahl n_{alt} nach dem Zusammenhang $n_{\text{neu}} = n_{\text{alt}} + \Delta n$, wobei die Funktion $\Delta n = f(M_K)$ als ein wesentliches Merkmal der Erfindung für bestimmte vorher festgelegte Wertebereiche von M_K unterschiedlich ist.

10 Durch diese Maßnahmen lassen sich insbesondere unterschiedliche Beträge einer Drehzahländerung bei der Beschleunigung und bei der Verlangsamung der Kurbel erzielen, so daß durch Wahl der Funktion $\Delta n = f(M_K)$ in einem bestimmten Bereich des Drehmoments M_K z. B. bereits ein minimales vom Patienten aufgebrachtes Drehmoment ausreicht, um eine starke Drehzahlerhöhung herbeizuführen. Dabei können impulsartige, übergroße vom Patienten auf die Kurbel übertragene Drehmomentanteile "ausgeblendet" werden, so daß eine starke Drehzahlerhöhung nur in einem bestimmten Wertebereich des Kurbeldrehmoments M_K zugelassen ist.

Bei einer zweiten erfindungsgemäßen Lösung liegt der Kerngedanke darin, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung Δn derart ausgelegt sind, daß bei vorangegangener Energiezufuhr E_K durch ein vom Trainierenden aufgebrachtes Drehmoment M_K an der Kurbel, die zu einer Drehzahlerhöhung geführt hat, eine Drehzahlerhöhung Δn verbleibt, wenn dem im Trainingsgerät vorhandenen oder nachgebildeten mechanischen System unmittelbar nach der Energiezufuhr eine Energiemenge entzogen wird, die größtmäßig einem Wert entspricht, der sich aus der Energiezufuhr E_K abzugliedern des Energieverlustes aufgrund eines Bremsmoments M_B und/oder von Reibungsmomenten M_R ergibt. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß im Gegensatz zur ersten Lösung für eine Drehzahländerung Δn eine Gesetzmäßigkeit bereitgestellt wird, die nicht zwangsläufig eine Funktion vom Drehmoment M_K an der Kurbel ist. Als Haupteffekt dieser Maßnahme klingt die durch ein vom Trainierenden aufgebrachtes Drehmoment M_K aufgetretene kurzfristige Drehzahlerhöhung nur langsam wieder ab. Bei herkömmlichen Trainingsgeräten ist der oben beschriebene Energiezusammenhang im Hinblick auf die Drehzahl anders gelagert. Wird einem solchen System derjenige Anteil der Energie entnommen, der sich aus der Differenz der vom Tretenden dem System zugeführten Energie und der vom System absorbierten Brüms- und/oder Reibungsenergie ergibt, dreht die Kurbel wieder mit der Drehzahl, wie vor der Energiezufuhr durch den Tretenden (sofern ein Freilauf, der die Kurbel in Tretrichtung nicht mitnimmt, außer Betracht bleibt).

Änderungen der Drehzahl können für beide Lösungen in Abhängigkeit von der Auflösung der Drehzahlregelung bereits bei kleinen Winkelbereichen innerhalb einer Kurbelumdrehung stattfinden. Beispielsweise wird bei einer diskreten Signalverarbeitung die Auflösung von der Abtastzeit T bei einer Erfassung des Drehmoments bzw. eines zum Drehmoment proportionalen Parameters bestimmt, wobei die Abtastzeit T wesentlich kleiner als die Periodendauer einer Kurbelumdrehung sein kann. Bei einer solchen Abtastung kann z. B. die Funktion für die Drehzahländerung Δn in Form von $\Delta n = n(t_i) - n(t_{i-1}) = F(M_K, t_{i-1})$ geschrieben werden, wobei $(t_i) - (t_{i-1})$ die Zeit zwischen zwei Abtastungen also der Arbeitszeit T entspricht.

Um über ein einfaches Kriterium für das Beschleunigen und langsamer werden der Kurbel zu verfügen, wird in einer vorteilhaften Ausführungsform vorgeschlagen, daß ein Bremsmoment M_B definiert wird, welches auch den Wert "Null" aufweisen kann, wobei für einen Wert $M_K > M_B$ des Drehmoments an der Kurbel die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl n für eine Drehzahlzunahme und für $M_K < M_B$ zur Abnahme der Drehzahl ausgelegt sind und wobei erfundungsgemäß die Beträge der Drehzahländerungen Δn für $M_K > M_B$ und $M_K < M_B$ unterschiedlich sind.

Bei einer überdies besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Betrag der von den Mitteln zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl bewirkten Drehzahländerung Δn für $M_K > M_B$ größer als für $M_K < M_B$. Durch diese Maßnahme wird eine Art "Restmuskelkraftverstärkung" realisiert. Das bedeutet, daß die Drehzahl, sofern der Patient ein vorher festgelegtes Bremsmoment überschreitet, eine starke Drehzahlerhöhung bewirken kann, die bei Unterschreitung des Bremsmoments nur langsam abfällt. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt neben einem erst möglich werdenden kontinuierlichen Trainingsablauf bei selbst winzigen Restmuskelkräften in nicht zu unterschätzender Weise auch in der positiven psychologischen Wirkung. Denn der Patient realisiert möglicherweise zum ersten Mal, daß er überhaupt über Restmuskelkräfte verfügt und darüber hinaus imstande ist, damit eine runde Tretbewegung zu erzeugen.

Für eine einfache Realisierungsmöglichkeit der Erfindung wird außerdem vorgeschlagen, daß die Funktion der Drehzahländerung Δn der nachstehenden Gesetzmäßigkeit folgt:

$$\Delta n \sim (M_K - M_B)/k$$

wobei " \sim " für proportional steht und "k" ein Faktor ist, der für $M_K - M_B > 0$ wenigstens einen Wert $k = k_i$ und für $M_K - M_B < 0$ wenigstens einen Wert $k = k_j$ mit $k_i < k_j$ annimmt, so daß für $M_K - M_B > 0$ die Drehzahl stärker zunimmt als sie für $M_K - M_B < 0$ abnimmt. Für eine derartige Regelung läßt sich in besonders einfacher Weise z. B. ein Mikroprozessor entsprechend programmieren.

Besonders vorteilhaft ist die Weiterbildung der Erfindung dahingehend, daß über die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl eine Grunddrehzahl einstellbar ist. Durch diese Maßnahme kann ein Patient passiv durchbewegt werden, ohne selbst ein Drehmoment auf die Kurbel aufbringen zu müssen. Sobald er jedoch z. B. ein voreingestelltes Bremsmoment M_B überwindet, kann er darüber hinaus die Drehzahl erhöhen.

Bei einer Grunddrehzahlvorgabe ist es außerdem günstig, wenn die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl bei Auftreten eines vorher eingestellten Grenzmoments $M_{K,Grenz}$ an der Kurbel bei vom Motor angetriebenen Kurbel die Grunddrehzahlvorgabe abschalten. Dadurch werden Verletzungen vermieden, die auftreten können, wenn durch die Grunddrehzahlvorgabe eine Drehung z. B. bei einer Verkrampfung des Trainierenden erzwungen werden würde. In diesem Zusammenhang ist es im weiteren bevorzugt, wenn bei Abschaltung der Grunddrehzahlvorgabe die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl zum langsamen Anpendeln der Kurbel und Wiederaufnahme der Grunddrehzahl ausgelegt sind. Der Anpendelvorgang der Kurbel bzw. eine Wippbewegung der Kurbel kann mit einem kleinen Winkelausschlag beginnen, der so lange vergrößert wird, bis die Wippbewegung wieder in eine Drehbewegung übergeht. Ebenfalls günstig ist eine Ausführungsform, bei der die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl zum Anlauf in die zur vorhergehenden Drehrichtung

entgegengesetzten Richtung ausgelegt sind. Dies entspricht dem antagonistischen Prinzip zur Lösung eines Krampfes.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn über die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl die Kurbeldrehrichtung z. B. für eine Grunddrehzahl vorgegeben werden kann. Für unterschiedliche Kurbeldrehrichtungen können am Patienten unterschiedliche Muskelbereiche trainiert werden.

Zeichnungen

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im folgenden dargestellt und wird in der nachstehenden Beschreibung unter Angabe weiterer Vorteile und Einzelheiten näher erläutert.

Die Figur zeigt das Blockdiagramm einer bevorzugten Schaltung zur Steuerung bzw. Regelung eines erfundungsgemäßen Trainingsgerätes.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Die Figur soll anhand eines schematisch dargestellten Blockdiagramms einer Schaltung 1 zur Steuerung und/oder Regelung die Funktion eines erfundungsgemäßen Trainingsgerätes verdeutlichen. In der Schaltung 1 ist der Informationsfluß durch einfach ausgezogene Pfeile dargestellt, wogen der Energiefluß mit fett ausgezogenen Pfeilen symbolisiert werden soll. Die erfundungsgemäße Schaltung umfaßt eine Bedieneinheit 2 über die eine Grunddrehzahl n_0 , ein Bremsmoment M_B , ein maximal zugelassenes Moment an der Kurbel $M_{K,max}$ sowie verschiedene andere Parameter eingegeben werden können. Diese Werte werden gemäß der in der Schaltung 1 mit n_0 , M_B , $M_{K,max}$ und 100 bezeichneten Pfeile an eine allgemeine Kontrolleinheit 3 weitergegeben. Zu Informations- und Anpassungszwecken wird der allgemeinen Kontrolleinheit 3 außerdem ein Signal 101 zugeführt, daß der Ist-Drehzahl der mit einem Elektromotor 4 verbundenen Kurbel (nicht gezeigt), die zur Aufnahme der Füße eines Trainierenden dient, entspricht. Darüber hinaus erhält die allgemeine Kontrolleinheit 3 ebenfalls zu Informations- und ggf. Anpassungszwecken ein Signal 102, das dem Ist-Drehmoment M_K an der Kurbel entspricht. Das Drehmomentsignal 102 wird im weiteren einer Kontrolleinheit 5 für die Drehzahländerung Δn sowie einer Kontrolleinheit 6 für die Drehzahl und das Drehmoment an der Kurbel zugeführt. Mit dem Drehzahlsignal 101 wird neben der allgemeinen Kontrolleinheit 3 auch die Kontrolleinheit 6 für die Drehzahl und das Drehmoment versorgt.

Ein Kernstück der Schaltung 1 bildet die Kontrolleinheit 5 für die Drehzahländerung Δn . Beispielhaft ergibt sich eine Drehzahländerung Δn aus dem Zusammenhang $\Delta n = (M_K - M_B) \cdot A/k$. Wobei M_K das Moment an der Kurbel, M_B das Bremsmoment, A ein Faktor und k ein vom Differenzwert $M_K - M_B$ abhängiger Wert darstellt. Für $M_K - M_B > 0$ wird ein Wert $k = k_i$ und für $M_K - M_B < 0$ ein Wert $k = k_j$ eingesetzt, wobei $k_i < k_j$ ist. Das hat zur Folge, daß sofern an der Kurbel das Bremsmoment M_B , welches die Kontrolleinheit 5 von der Kontrolleinheit 3 erhält, überschritten wird, sich eine Drehzahlzunahme Δn_i einstellt, die betragsmäßig größer ist, als eine Drehzahlabnahme Δn_j , wenn das resultierende Moment $M_K - M_B$ wieder negativ ist. Anders ausgedrückt ist der Betrag für Δn für $M_K - M_B > 0$ größer als für $M_K - M_B < 0$. Die Drehzahländerung Δn wird in der Kontrolleinheit 3 zu einer alten Solldrehzahl n_{alt} addiert und ergibt somit die neue Solldrehzahl n_{neu} .

Sofern eine Grunddrehzahlvorgabe aktiv ist, wird als Basis für diese Berechnung die von der Bedieneinheit 2 eingegebene Grunddrehzahl n_0 herangezogen. Das heißt für eine er-

n_{neu} aus der Summe von n_0 und Δn . Für die nächste Berechnung der neuen Solldrehzahl dient dann dieser Wert als alte Solldrehzahl. Für den Fall, daß sich eine negative Drehzahländerung Δn ergibt, fällt aufgrund der Grunddrehzahlvorgabe die Drehzahl jedoch nicht unter den Wert n_0 .

Die jeweils aktuelle Solldrehzahl n_{neu} wird der Kontrolleinheit 6 für die Drehzahl und das Drehmoment weitergeben, die unter Verarbeitung des Drehzahlsignals 101 eine Stellgröße 103 an eine Leistungselektronik 7 weitergibt, die den mit Kurbel verbündeten Elektromotor 4 dann entsprechend bestromt, um die Solldrehzahl zu erreichen.

Um bei einer Grunddrehzahlvorgabe mit der Grunddrehzahl n_0 Verletzungen bei einem Trainierenden, dessen Füße z. B. mit den Pedalen der Kurbel verbunden sind, zu vermeiden, kann an der Bedieneinheit 2 ein maximales Kurbelmoment $M_{K,\max}$ eingestellt werden, daß über die Kontrolleinheit 3 zur Kontrolleinheit gelangt. Überschreitet das Drehmomentsignal 102 dieses zulässige Drehmoment wird die Grunddrehzahlvorgabe abgeschaltet und die Kurbel kommt zum Stillstand. Die Kontrolleinheit 3 beginnt dann den Hochlauf aus dem Stillstand. Bei entsprechender Voreinstellung kann dabei die Drehrichtung geändert werden. Dies ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn die Momentenbegrenzung für spastisch behinderte Personen bei Krampzfuständen zum Einsatz kommt. Der entgegengesetzte Anlauf der Kurbel entspricht dem antagonistischen Prinzip der Krampflösung.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Kontrolleinheiten 3, 5, 6 in einem Mikrokontroller 8 implementiert, der eine digitale Signalverarbeitung realisiert. Dazu wird das Drehzahlsignal 101 bzw. das Drehmomentsignal 102 mit einer Abtastrate $f = 1/T$ abgetastet und dem Mikrokontroller 8 zugeführt. Zweckmäßigerweise wird daraus nach jeder Abtastrate T eine Drehzahländerung Δn und eine neue Solldrehzahl n_{neu} berechnet. Unter der Voraussetzung, daß die Abtastrate T sehr viel kleiner ist, als die Periodendauer der Drehbewegung an der Kurbel werden Drehzahländerungen während kleiner Winkeldrehungen der Kurbel vorgenommen. Damit wird ein hochdynamischer Zusammenhang zwischen einem Moment M_K an der Kurbel und einer daraus folgenden Drehzahländerung verwirklicht.

Durch die erfundsgemäße Vorgehensweise wird für bewegungsbehinderte Personen ein Trainingsgerät bereitgestellt, mit welchem bereits bei kleinsten Restmuskelkräften 45 ein weitgehend vom Behinderten selbst bestimmter kontinuierlicher Trainingsablauf gewährleistet werden kann. Verfügt der Patient über nur sehr kleine Restmuskelkräfte kann das Bremsmoment M_B so weit herabgesetzt werden, daß der Wert $M_K - M_B$ schon bei einem sehr kleinen Drehmoment an 50 der Kurbel positiv wird, jedoch mittels eines entsprechend kleinen Wertes für k eine große Drehzahländerung bewirkt. Sobald der Patient nicht mehr in der Lage ist, auf die Kurbel ein Drehmoment aufzubringen, fällt die Drehzahl nicht mit diesem kleinen Wert für k ab. Denn für $M_K - M_B < 0$ kann erfundsgemäß ein großer Wert für k eingesetzt werden, so daß ggf. die Drehzahl bis zum nächsten Kraftimpuls des Patienten, mit welchem der Wert $M_K - M_B$ wieder positiv wird, nur geringfügig abgefallen ist. Auf diese Weise kann eine ungeheure psychologische Motivation für die Behinderten 60 bewirkt werden, die möglicherweise zum ersten Mal verspüren, daß sie noch Restmuskelkräfte besitzen.

Patentansprüche

1. Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte, wobei an den Kurbelarmen Pedale oder der gleichen zur Verbindung mit den Füßen oder Armen

nem Elektromotor, der mit der Kurbel verbunden ist, einer Leistungselektronik, die wenigstens zum Antrieben des Motors ausgelegt ist und mit Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl der Kurbel, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung Δn als Funktion eines Drehmoments M_K an der Kurbel gemäß $\Delta n = f(M_K)$ ausgelegt sind, wobei sich eine neue Drehzahl n_{neu} aus der alten Drehzahl n_{alt} nach dem Zusammenhang $n_{\text{neu}} = n_{\text{alt}} + \Delta n$ ergibt und wobei die Funktion $\Delta n = f(M_K)$ für bestimmte vorher festgelegte Wertebereiche von M_K unterschiedlich ist.

2. Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte, wobei an den Kurbelarmen Pedale oder der gleichen zur Verbindung mit den Füßen oder Armen der trainierenden Person vorgesehen sind, ferner mit einem Elektromotor, der mit der Kurbel verbunden ist, einer Leistungselektronik, die wenigstens zum Antrieben des Motors ausgelegt ist und mit Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl der Kurbel, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung Δn derart ausgelegt sind, daß bei vorangegangener Energiezufuhr E_K durch ein vom Trainierenden aufgebrachtes Drehmoment M_K an der Kurbel, die zu einer Drehzahlerhöhung geführt hat, eine Drehzahlerhöhung Δn verbleibt, wenn dem im Trainingsgerät vorhandenen oder elektronisch nachgebildeten mechanischen System unmittelbar nach der Energiezufuhr eine Energiemenge entzogen wird, die einem Wert entspricht, der sich aus der Energiezufuhr E_K abzüglich des Energieverlusts aufgrund eines Bremsmoments M_B und/oder von Reibungsmomenten M_R ergibt.

3. Trainingsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bremsmoment M_B definiert ist, wobei für einen Wert $M_K > M_B$ des Drehmoments an der Kurbel die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahlzunahme und für $M_K < M_B$ zur Abnahme der Drehzahl ausgelegt sind, wobei die Beträge der Drehzahländerungen Δn für $M_K > M_B$ und für $M_K < M_B$ unterschiedlich sind.

4. Trainingsgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Betrag der von den Mitteln zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl bewirkten Drehzahländerung Δn für $M_K > M_B$ größer ist als für $M_K < M_B$.

5. Trainingsgerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion der Drehzahländerung Δn der nachstehenden Gesetzmäßigkeit folgt.

$$\Delta n \sim (M_K - M_B)/k,$$

wobei " \sim " für proportional steht und k ein Faktor ist, der für $M_K - M_B > 0$ wenigstens einen Wert $k = k_i$ und für $M_K - M_B < 0$ wenigstens einen Wert $k = k_j$ mit $k_i < k_j$ annimmt, so daß für $M_K - M_B > 0$ die Drehzahl stärker zunimmt, als sie für $M_K - M_B < 0$ abfällt.

6. Trainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl eine Grunddrehzahl einstellbar ist.

7. Trainingsgerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl bei Auftreten eines einstellbaren Grenzmoments $M_{K,\text{Grenz}}$ an der Kurbel bei vom Motor angetriebenen Kurbel die Grunddrehzahlvorgabe abschalten.

8. Trainingsgerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei Abschaltung der Grunddrehzahlvorgabe die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl zum langsam Anpendeln der Kurbel und Wiederaufnahme der Grunddrehzahl ausgelegt sind. 5
9. Trainingsgerät nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl zum Anlauf in die zur vorhergehenden Drehrichtung entgegengesetzten Richtung ausgelegt sind.
10. Trainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl die Kurbeldrehrichtung vorgebar ist. 10 15

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

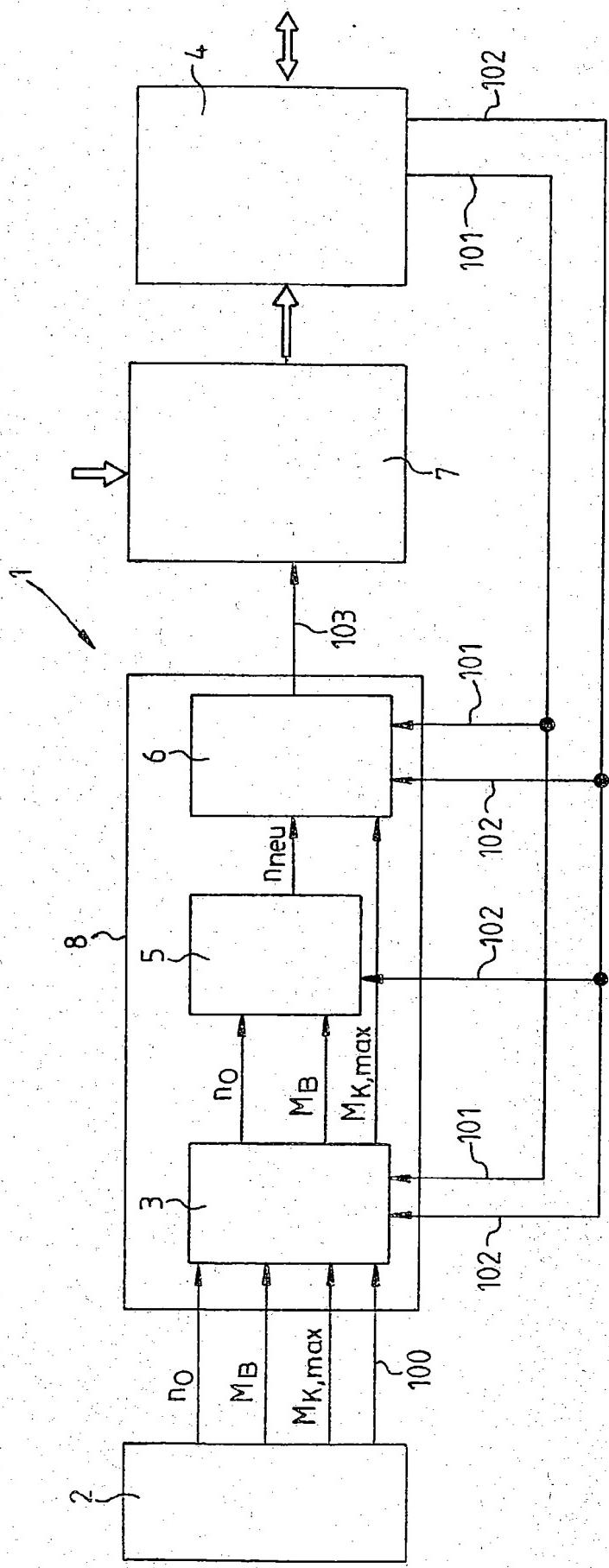


Fig.